

- /В.С. Петрушин, С.В. Рябинин, А.М. Якимец//Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. – Київ: ІЕД НАН України, 1999. – Вип.1. – С. 31 – 36.
4. Сипайлов Г.А. Тепловые гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах [Текст] / Г.А. Сипайлов, Д.И. Санников, В.А. Жадан - М.: Высш. Шк., 1989. - 240 с.
5. Счастливый Г.Г. Нагревание закрытых асинхронных электродвигателей [Текст] / Г.Г. Счастливый; К.: Наукова думка, 1966. – 196с.
6. Федоров М.М. Моделирование теплового состояния узлов электрических машин в различных режимах [Текст] / М.М. Федоров // 36. наук. праць ДонДТУ. Сер. «Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем». - Донецьк: ДонДТУ, 1999. - Вип. 10. - С. 90-95

УДК 678.027.3-036.5

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ГОФРОВАНИХ ПОЛІМЕРНИХ ТРУБ

В.Т. Вознюк

Аспірант*

Контактний телефон: (+38050) 075-44-30; (+38044) 406-84-00

e-mail: voznyuk.slava@gmail.com**Ю.О. Кравченко**

Магістр*

Контактний телефон: (+38093) 044-52-56

e-mail: uk5@yandex.ru**І.О. Мікульонюк**

Доктор технічних наук, професор

*Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна

Контактний телефон: (+38066) 748-65-65; (+38044) 406-84-40

e-mail: i.mikulionok@kpi.ua

Досліджено дискретну (з чергуванням по довжині водяних і повітряних ділянок) систему охолодження двошарових гофрованих полімерних труб. Оцінено ефективність різних схем дискретної і неперервної систем охолодження

Ключові слова: гофрована полімерна труба, охолодження, дискретна система, ефективність

Исследована дискретная (с чередованием по длине водяных и воздушных участков) система охлаждения двухслойных гофрированных полимерных труб. Оценена эффективность разных схем дискретной и непрерывной систем охлаждения

Ключевые слова: гофрированная полимерная труба, охлаждение, дискретная система, эффективность

There is researched discrete cooling system (with alternation along length water and air divisions) of corrugated plastic pipe. There is estimated different scheme of discrete and uninterrupted cooling systems working

Key words: corrugated plastic pipe, cooling, discrete system, efficiency

1. Вступ

Виготовлення двошарових гофрованих полімерних труб екструзією є достатньо енерго- і ресурсоемним процесом [1]. Оскільки низька теплопровідність матеріалу і конструкція труби не дають змоги швидко здійснювати відведення теплоти з зовнішньої поверхні екструдованої труби, то під час цього процесу не можливо уникнути значних витрат енергії на циркуляцію в системі охолодження води та її охолодження в холодильнику. Отже, охолодження є обмеженою стадією виготовлення полімерних труб, при цьому довжина зони охолодження може сягати декількох десятків метрів [2]. Крім того, під час охолодження зрошенням на ділянці довжиною один метр витрата води може

становити декілька кубічних метрів за годину [3], тому на охолодження труби в цілому витрата охолодної води може сягати 100 м³/год.

Метою праці є підвищення ефективності охолодження екструдованих багатошарових гофрованих полімерних труб, що дасть змогу зменшити енерго- і ресурсоемність процесу їх виготовлення.

2. Типова система охолодження гофрованих полімерних труб

Формування гофрованої труби і попереднє охолодження трубної заготовки до температури, за якої властивості полімеру забезпечують фіксацію форми

труби під час подальшого оброблення (приблизно 100 °С), здійснюють у гофраторі, а остаточне охолодження – у ваннах зрошення зовнішнього шару водою (рис. 1). Кількість ванн залежить від типорозміру й матеріалу труби, а також продуктивності технологічної лінії [2].

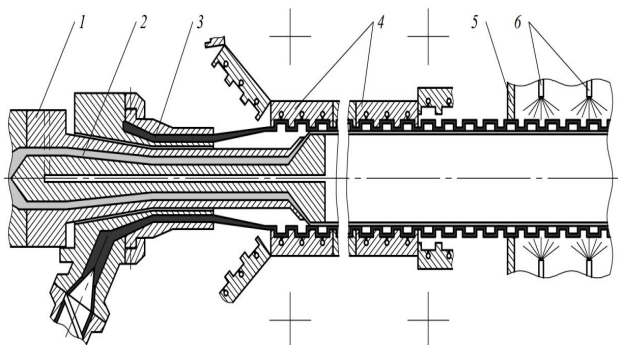


Рис. 1. Схема виготовлення двошарових гофрованих полімерних труб: 1 – екструзійна головка; 2, 3 – трубні заготовки внутрішнього і зовнішнього шарів, відповідно; 4 – півформи гофратора; 5 – ванна охолодження; 6 – водяні форсунки.

За типового конструктивного оформлення трубної лінії охолодні ванни розміщують на незначній відстані одна від одної. Довжина ділянок, на яких труба охолоджується за рахунок конвекції і випромінювання на повітрі між ваннами, обумовлені конструктивними особливостями ванн та умовами їх установа. Зазвичай ванни встановлюють щільно одна до одної або на відстані, що не перевищує 0,5 м [4].

Під час проведення досліджень охолодження гладких полімерних труб було встановлено, що довжина повітряних проміжків між ваннами може значно впливати на довжину окремих ділянок водяного охолодження і загальну довжину зони охолодження [5].

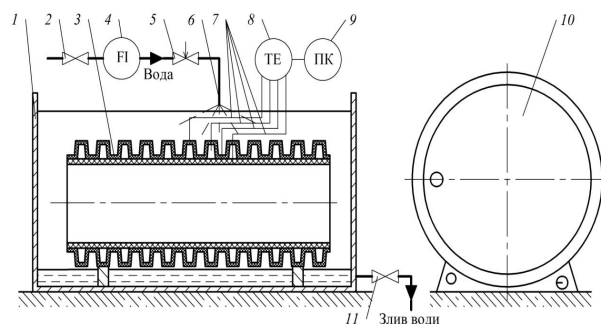
На відміну від охолодження водою інтенсивність відведення теплоти з поверхні труби до повітря на порядок менша. При цьому під час перебування труби на повітрі відбувається перерозподіл теплоти з внутрішніх шарів труби до поверхні. За рахунок цього охолодна вода на початку наступної ванни приймає більшу кількість теплоти. Відповідно, ділянки водяного охолодження діють ефективніше, що дає можливість зменшити їх загальну довжину.

3. Дослідна установка і методика досліджень

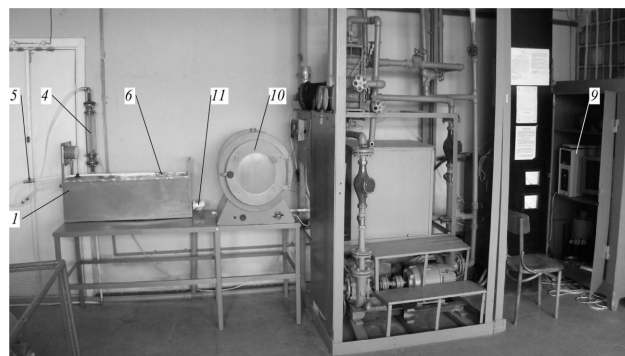
Для дослідження охолодження двошарової гофрованої полімерної труби на базі кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» розроблена експериментальна установка (рис. 2).

Дослідження проводили на поліетиленовій трубі ПЕ тип В- Р- U/SN8/DN/ID400/343/6000/ДСТУ Б В.2.5-32:2007. Безпосередньо перед охолодженням трубу 3 нагрівали в термошафі 10. Для запобігання втрати трубою форми і розмірів максимальну температуру прогріву встановлювали не більше

за 100 °С. Після рівномірного прогріву труби до заданої температури її під'єднували до системи охолодження.



а



б

Рис. 2. Експериментальна установка: а – схема; б – фото; 1 – ванна; 2, 11 – крани; 3 – труба; 4 – ротаметр; 5 – вентиль; 6 – розбризкувач води; 7 – термопари; 8 – термоелектричний перетворювач; 9 – персональний комп'ютер; 10 – термошаф.

Вимірювання і запис температури в стінці труби здійснювали за допомогою термопар 7 (рис. 3), а також термоелектричних перетворювачів 8, під'єднаних до персонального комп'ютера 9. Вимірювання температури здійснювали автоматично кожну секунду. Температурні поля аналізували за допомогою програми, створеної в графічному середовищі програмування LabVIEW 8.5.

Під час виготовлення труб умови охолодження вздовж системи охолодження незмінні – температура та витрата охолодної води постійні. Під час експериментальних досліджень умови охолодження також залишали постійними в часі. При цьому у праці [6] показано, що швидкість руху труби майже не впливає на інтенсивність охолодження під час зрошення труби охолодною водою.

Під час дослідження температура охолодної води становила 15 °С. Для обрахунку довжини зони охолодження відповідно до типорозміру досліджуваної труби швидкість її руху прийнято 2 м/хв [7]. Охолодження здійснювали до досягнення температури 22 °С на внутрішній поверхні труби.

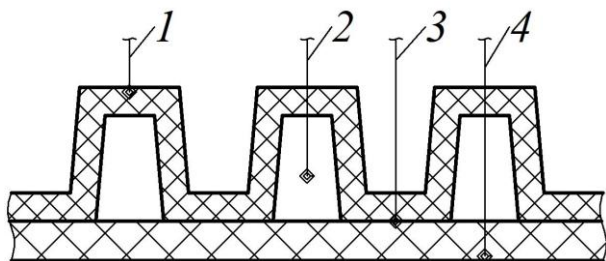


Рис. 3. Схема розташування термопар у стінці гофрованої труби:
1–4 — номери термопар.

4. Результати досліджень та їх аналіз

Під час неперервного охолодження труби час охолодження склав 597 с (рис. 4). Упродовж першої хвилини процесу охолодження відбувається інтенсивне відведення теплоти від труби, після чого температура зовнішньої поверхні труби стає майже рівною температурі охолодної води. Інтенсивність подальшого охолодження обмежується параметрами стінки.

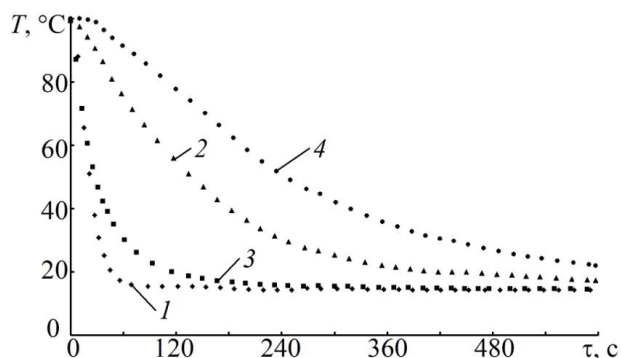


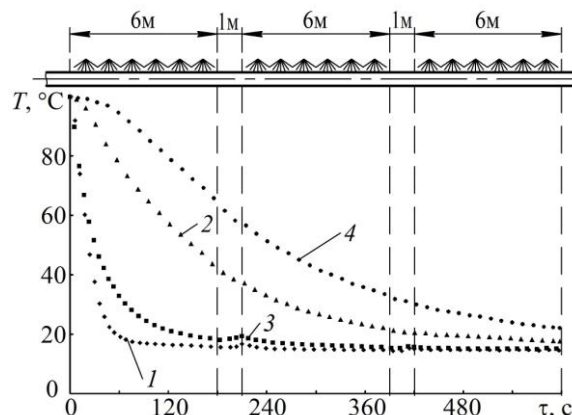
Рис. 4. Зміна температурних полів в часі: 1–4 — номери термопар відповідно до рис. 3.

Для дослідження процесу охолодження з повітряними проміжками було змодельовано процес для типових охолодних ванн завдовжки 6 м (рис. 5) і 4 м кожна (рис. 6). На повітряних ділянках відбувається прогрів зовнішньої поверхні труби зарахунок підведеної енергії від внутрішніх шарів. Відповідно, під час застосування більш довгих повітряних ділянок відбувається більш значне вирівнювання температури по товщині стінки, що сприяє підвищенню ефективності охолодження водою у кожній наступній ванні.

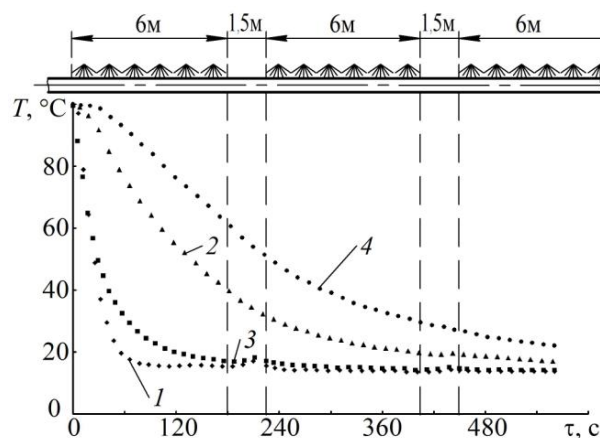
Під час застосування ванн завдовжки 4 м зменшення температурного градієнта на повітряних ділянках більш суттєве, що свідчить про більшу ефективність застосування дискретної системи з невеликими ділянками зрошення.

Для подальшого аналізу ефективності застосування дискретної системи охолодження були проведені аналогічні дослідження з ділянками зрошення завдовжки 2 м (рис. 7). У цьому разі зміна градієнта температури у стінці найбільш значна, а у випадку застосування повітряних проміжків завдовжки 2 м

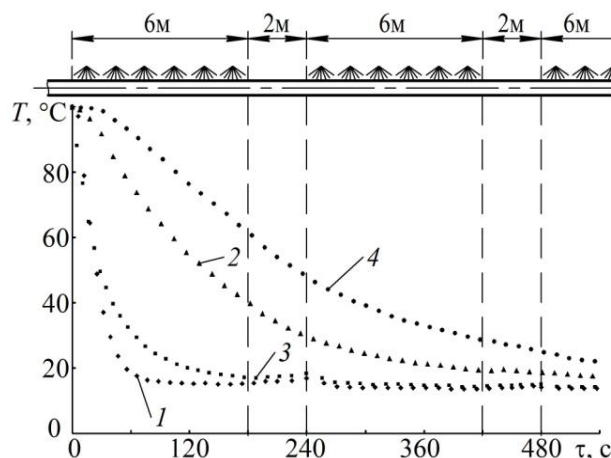
відбувається і деяке підвищення температури в зоні встановлення термопарі 3.



а



б



в

Рис. 5. Зміна температурних полів у часі (ділянки зрошення — 6 м): а — повітряні проміжки — 1 м; б — повітряні проміжки — 1,5 м; в — повітряні проміжки — 2 м; 1–4 — номери термопар відповідно до рис. 3.

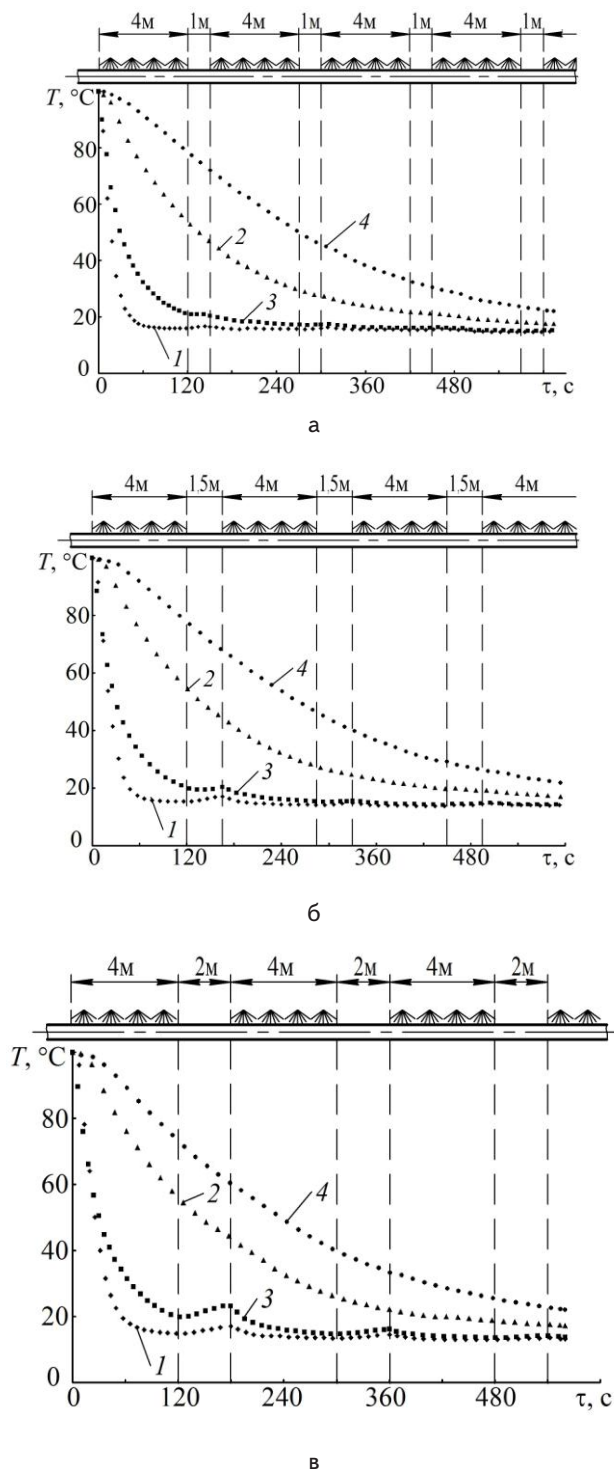


Рис. 6. Зміна температурних полів у часі (ділянки зрошення – 4 м): а – повітряні проміжки – 1 м; б – повітряні проміжки – 1,5 м; в – повітряні проміжки – 2 м; 1–4 – номери термопар відповідно до рис. 3.

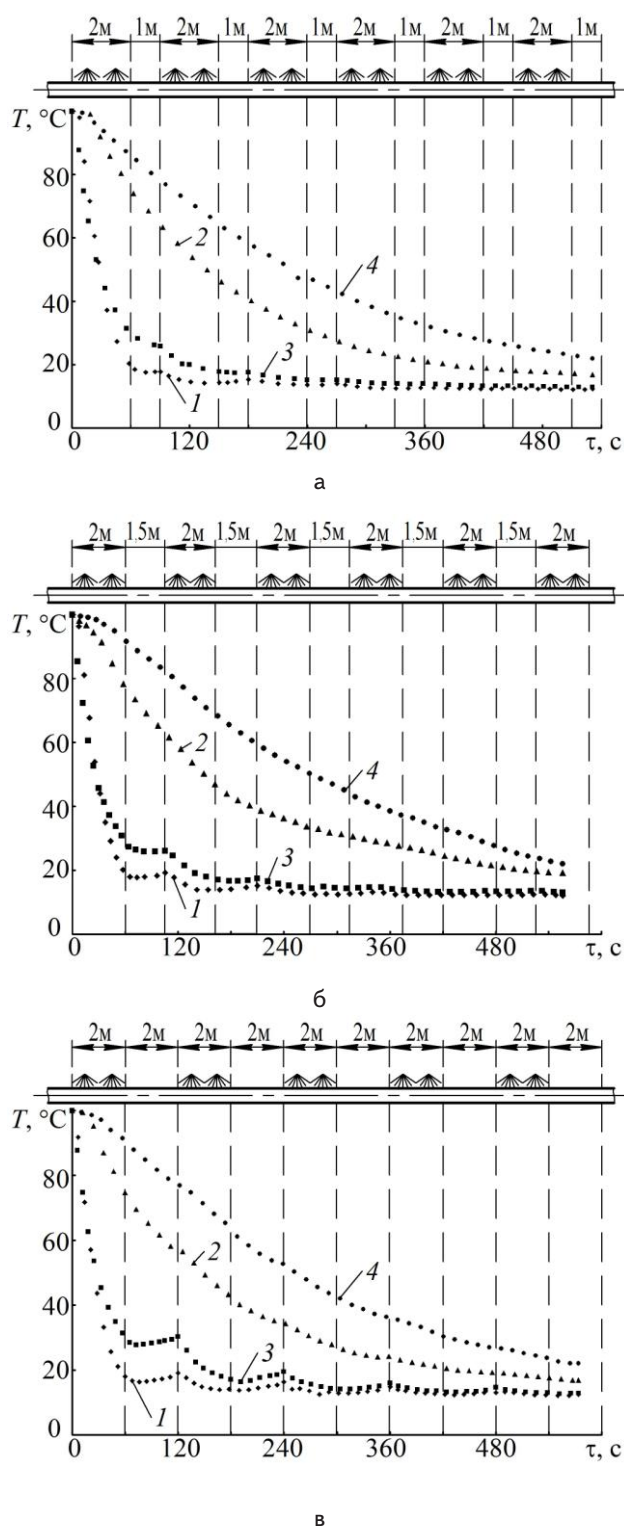


Рис. 7. Зміна температурних полів у часі (ділянки зрошення – 2 м): а – повітряні проміжки – 1 м; б – повітряні проміжки – 1,5 м; в – повітряні проміжки – 2 м; 1–4 – номери термопар відповідно до рис. 3.

Під час застосування дискретної системи охолодження потрібний час і відповідно довжина зони охолодження не завжди можуть бути меншими порівняно з неперервним зрошенням (рис.8, а), однак витрати

охлажденной воды у будь-якому випадку зменшуються (рис.8, б).

Так, найменший час охолодження зафіксовано під час застосування схеми з двометровими ваннами та однометровими повітряними проміжками між ними (540 с), а також під час застосування схеми з ваннами завдовжки 6 м з повітряними проміжками завдовжки 2 м (537 с). Однак у другому випадку витрата охолодженої води була на $3,8 \text{ м}^3/\text{год}$ більша, але при цьому порівняно з неперервним охолодженням витрата води менша на $12 \text{ м}^3/\text{год}$.

Порівнюючи ефективність охолодження за різних схем дискретної системи охолодження з застосуванням типових ванн, можна сказати, що раціональне застосовувати ванни завдовжки 4 м. За таких схем час охолодження на 3...6 % більший, але при цьому витрати охолодженої води менші на 3...9 %.

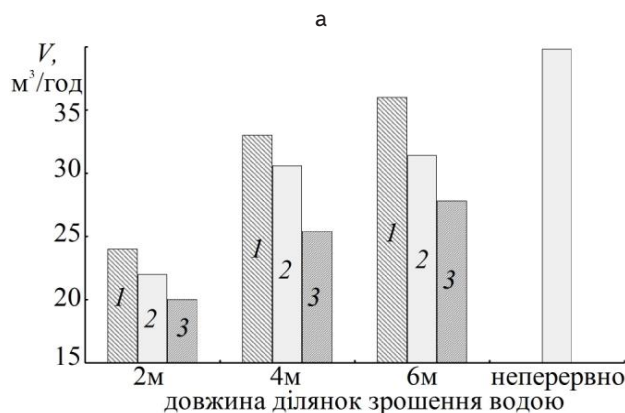
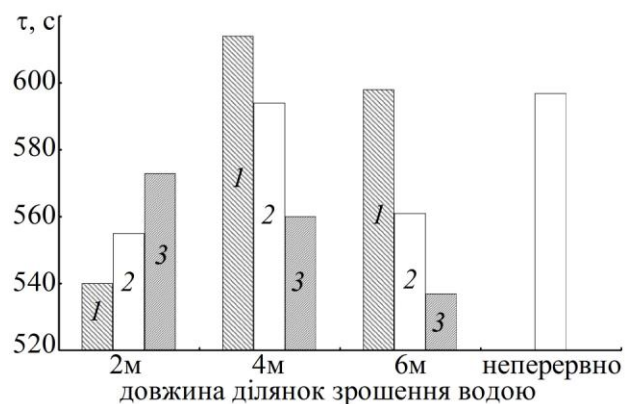


Рис. 8. Порівняння часу охолодження t (а) і об'єму витрати води V (б) за різних схем охолодження: 1 – повітряні проміжки – 1 м; 2 – повітряні проміжки – 1,5 м; 3 – повітряні проміжки – 2 м.

Під час застосування неперервного одностороннього охолодження у стінці труби постійно присутній значний градієнт температур, що призводить до заморожених залишкових напружень [8]. Під час охолодження в дискретній системі на повітряних ділянках температурний градієнт зменшується, що дає змогу напруженням у стінці поступово релаксувати, а отже дає і істотно зменшити залишкові напруження.

Як видно з рис. 8, найменший час охолодження відповідає дискретній системі з чергуванням повітряних і водяних ділянок завдовжки 6 і 2 м відповідно, а мінімальна витрата води – з чергуванням двометрових водяних в повітряних ділянках.

5. Висновки

Запропонована дискретна система охолодження двошарових гофрованих полімерних труб дає можливість скоротити витрати охолодженої води майже на 50 % і зменшити довжину зони охолодження на 10 % порівняно з неперервним водяним охолодженням. Також застосування такої системи охолодження дає змогу поліпшити якість труби (за рахунок зменшення залишкових напружень у її стінці).

Застосування числового експерименту надає можливість визначати раціональні довжини повітряних ділянок і зон водяного зрошення на кожному етапі охолодження екструдованої труби певного типорозміру і знизити при цьому ресурсо- і енерговитрати.

Література

1. Охлаждение полимерных труб в процессе их производства методом экструзии / В. Т. Бисеров, И. В. Гвоздев, М. И. Гориловский, В. А. Швабауэр // Полимерные трубы. – 2008. – № 1. – С. 18–20.
2. Мікульонюк І. О. Екструдовані полімерні труби. Дослідження процесу охолодження / І. О. Мікульонюк, В. Т. Вознюк // Хімічна промисловість України. – 2010. – № 5. – С. 44–46.
3. Ванна опрыскивания LRS [Електронний ресурс]. – Дата доступу: липень 2011 р. – Режим доступу: <http://www.lrs-gmbh.org/ukr/equipment/2102.shtml>.
4. KryoSys. Cutting-edge technology for the extrusion of PO pipes: проспект фірми Cincinnati Extrusion GmbH. – Vienna: [б. и.], 2009. – 8 с.
5. Вознюк В. Т. Виробництво полімерних труб. Дискретна система охолодження трубної заготовки / В. Т. Вознюк, І. О. Мікульонюк // Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів: IV всеукр. наук.-практ. конф. студ., аспірантів та молодих вчених (Київ, Україна, 22–24 квітня, 2009): зб. тез доп.. – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – С. 62–63.
6. Ким В. С. Теория и практика экструзии полимеров / В. С. Ким. – М.: Химия, КолосС, 2005. – 568 с.
7. Corrugated Plastic Pipe Machines: проспект фірми DROSSBACH GMBH & Co. – [Б. м.: б. и.], 2009. – 12 с.
8. Виноградов В. М. Остаточные напряжения в деталях из пластических масс / В. М. Виноградов // Пластические массы. – 1975. – № 4. – С. 20–31.